

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 0 8 5 0 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 0 8 5 0 8]

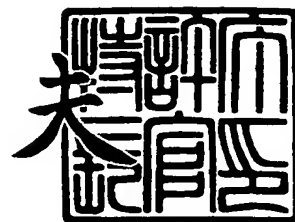
出 願 人 矢 崎 総 業 株 式 会 社
Applicant(s):

Masayoshi SAWAI, et al. U.S. Appl. No. 10/715,850
METHOD OF PREDICTING SHAPE OF WIRE-
LIKE STRUCTURE, IT'S APPARATUS AND IT'S
PROGRAM
U.S. Filing Date: November 19, 2003
Darryl Mexic 202-283-7060
(2)

2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 3 7 7 3

【書類名】 特許願
【整理番号】 P85991-79
【提出日】 平成15年 9月 1日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01B 13/00
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内
 【氏名】 澤井 正義
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内
 【氏名】 中野 亜希子
【特許出願人】
 【識別番号】 000006895
 【氏名又は名称】 矢崎総業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100060690
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 瀧野 秀雄
 【電話番号】 03-5421-2331
【選任した代理人】
 【識別番号】 100097858
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 越智 浩史
 【電話番号】 03-5421-2331
【選任した代理人】
 【識別番号】 100108017
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 松村 貞男
 【電話番号】 03-5421-2331
【選任した代理人】
 【識別番号】 100075421
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 垣内 勇
 【電話番号】 03-5421-2331
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2002-334940
 【出願日】 平成14年11月19日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 012450
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0004350

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

コンピュータを用いて、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する方法であって、
手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画工程と、
描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出工程と、
前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出工程と、
前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、
前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算工程と、
前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算工程と、
を含むことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の形状予測方法において、
前記外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルを予め格納しておき、
前記材料特性計算工程では、前記描画されたワイヤー様構造物から計算された前記外装部材の種類及び太さを、前記特性テーブルに当てはめて、前記材料特性を計算する、
ことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の形状予測方法において、
前記特性テーブルは、前記外装部材の種類、太さ及び前記材料特性としての縦弾性係数又は横弾性係数の関係を対応づけたものである、
ことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか一項に記載の形状予測方法において、
前記手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、前記物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨を警告する警告出力工程、
を更に含むことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 5】

所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する装置であって、
手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画手段と、
描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出手段と、
前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出手段と、
前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、
前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算手段と、
前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算手段と、
を含むことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測装置。

【請求項 6】

所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測するために、コンピュータを、
手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画手段、
描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出手段、
前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出手段、
前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、

前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算手段、
前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に
釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算手段、として機能させる、
ことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測プログラム。

【書類名】明細書**【発明の名称】**ワイヤー様構造物の形状予測方法、その装置及びそのプログラム**【技術分野】****【0001】**

本発明は、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、有限要素法を利用して形状予測する方法、その装置及びそのプログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

車両等においては、複数の電装品が搭載されており、これらは、上記線条材として、複数の電線や通信線がインシュロック等の結束部材やテープ等の外装部材によって束ねられた、いわゆる、ワイヤーハーネスで接続されている。図1に示すように、ワイヤーハーネス1は、各端部に電装品等と接続されるコネクタ2a、2b、2c、2dが取り付けられている。また、その中間部には各種クランプ3a、3b、3c、3dが取り付けられ、更に、分岐点4を有している。なお、各端部から分岐点4までを構成するワイヤーハーネス1の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も様々である。

【0003】

近年、このようなワイヤーハーネスの形状予測又は経路設計は、コンピュータによる支援システムが利用されることが多くなったが、その基本的な手法は、CAD (Computer Aided Design) とCAE (Computer Aided Engineering) とよばれる汎用解析ソフトとの組み合わせによるものである。すなわち、CADを用いて電線の太さ、長さ、種類等を反映したワイヤーハーネスの詳細形状をモデリングして描画させた後、所定の汎用CAEに必要なデータを数値入力して予測形状を計算させ、この計算結果を評価した後、再度、CADを用いて予測形状を描画させるようにしていた。そして、このようなサイクルがCADや汎用CAE等の操作に習熟した設計者によって試行錯誤的に繰り返されていた。

【非特許文献1】B. ナス著「マトリックス有限要素法」ブレイン図書出版株式会社出版、1978年8月10日、p. 7-15

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、従来のような、CADと汎用CAEとの繰り返し使用による経路設計では以下のような問題があった。すなわち、CADと汎用CAEとがソフトウェア的に分離しているため、汎用CAEに必要な数値を度々入力する必要がある。また、必要な数値の入力操作も煩雑であり、汎用CAEを使いこなすための技術習得に多大な時間を要していた。更に、汎用CAEによると、ワイヤーハーネスの変形をシミュレートするためのリードタイム、すなわち、形状予測のために要する時間が非常に長くなるという問題もあった。

【0005】

よって本発明は、上述した現状に鑑み、特殊な技術習得や熟練を不要としながらも短時間で確実に所望の形状予測を可能にする、ワイヤー様構造物の形状予測方法、その装置及びそのプログラムを提供することを課題としている。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

上記課題を解決するためになされた請求項1記載の形状予測方法は、コンピュータを用いて、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する方法であって、手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画工程と、描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出工程と、前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出工程と、前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤ

一様構造物の材料特性を、前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算工程と、前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算工程と、を含むことを特徴とする。

【0007】

また、上記課題を解決するためになされた請求項2記載の形状予測方法は、請求項1記載の形状予測方法において、前記外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルを予め格納しておき、前記材料特性計算工程では、前記描画されたワイヤー様構造物から計算された前記外装部材の種類及び太さを、前記特性テーブルに当てはめて、前記材料特性を計算する、ことを特徴とする。

【0008】

また、上記課題を解決するためになされた請求項3記載の形状予測方法は、請求項2記載の形状予測方法において、前記特性テーブルは、前記外装部材の種類、太さ及び前記材料特性としての縦弾性係数又は横弾性係数の関係を対応づけたものである、ことを特徴とする。

【0009】

また、上記課題を解決するためになされた請求項4記載の形状予測方法は、請求項1～3のいずれか一項に記載の形状予測方法において、前記手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、前記物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨を警告する警告出力工程、を更に含むことを特徴とする。

【0010】

また、上記課題を解決するためになされた請求項5記載のワイヤー様構造物の形状予測装置は、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する装置であって、手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画手段と、描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出手段と、前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出手段と、前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算手段と、前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算手段と、を含むことを特徴とする。

【0011】

また、上記課題を解決するためになされた請求項6記載のワイヤー様構造物の形状予測プログラムは、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測するために、コンピュータを、手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画手段、描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出手段、前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出手段、前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算手段、前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算手段、として機能させる、ことを特徴とする。

【0012】

請求項1、5及び6記載の発明によれば、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状が予測される。また、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な形状特性、材料特性、拘束条件が自動計算されて、有限要素法を用いて物理的に釣り合った状態である予測形状が計算される。

【0013】

また、請求項2記載の発明によれば、外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルが予め格納されており、描画されたワイヤー様構造物から計算された外装部材の種類及び太さを、特性テーブルに当てはめて材料特性が計算される。

【0014】

また、請求項3記載の発明によれば、外装部材の種類、太さ及び縦弾性係数又は横弾性係数の関係を対応づけた特性テーブルが予め格納されている。

【0015】

また、請求項4記載の発明によれば、手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨が警告される。

【発明の効果】

【0016】

請求項1、5及び6記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化しているので、一般的なメッシュを割り当てた有限要素モデルと比較して、格段に計算量が削減される。したがって、短時間での確実な形状予測が可能になる。また、有限要素法の計算に必要なデータが、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から自動計算されるので、予測形状計算のための数値入力が必要となる。したがって、特殊な技術習得や熟練も不要となる。

【0017】

請求項2記載の発明によれば、外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルを予め格納しておくことにより、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な材料特性を容易かつ確実に得ることが可能になる。

【0018】

請求項3記載の発明によれば、特性テーブルを参照することにより、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な縦弾性係数及び横弾性係数を容易かつ確実に得ることが可能になる。

【0019】

請求項4記載の発明によれば、手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨が警告されるので、より短時間での適確な経路設計が可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。まず、図1及び図2を用いて、本発明で対象となるワイヤー様構造物としてのワイヤーハーネスの全体形状及び代表的な支持部材について説明する。図1は、本発明で対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。図2は、ワイヤーハーネスに取り付けられる代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。

【0021】

本発明で対象となるワイヤーハーネス1は、上述のように両端部に図示しない電装品と接続されるコネクタ2a、2b、2c、2dが取り付けられ、その中間部には各種クリップ3a、3b、3c、3dが取り付けられ、更に、分岐点4を有している。ワイヤーハーネス1の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も異なる。

【0022】

上記各コネクタ2a、2b、2c、2dは、電装品側の相手方コネクタの固定位置及びその装着方向に応じて所定の位置に着脱可能に固定され、ワイヤーハーネスの端部を完全拘束する。また、上記各クリップ3a、3b、3c、3dは、ワイヤーハーネスの所定部位を、車両のボディやステー等の所定位置に完全拘束又は回転拘束される。

【0023】

ここで、クリップについて説明を加える。クリップには、基本的に、長穴クリップ及び丸穴クリップがある。丸穴クリップは、回転クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた丸穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。丸穴クリップは、Z軸（取付部位に鉛直方向）廻りに回転可能である。

【0024】

一方、長穴クリップは、固定クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた長穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。この支持脚の断面形状は、取付穴と略同様の長穴形状をしている。長穴クリップは、Z軸廻りに回転不可能である。

【0025】

更に、長穴クリップ及び丸穴クリップには、X軸（ワイヤーハーネスの長手方向）廻りに回転可能な、コルゲート長穴クリップ及びコルゲート丸穴クリップがある。このような各クリップの各軸方向及び各軸廻りの拘束自由度は図2に示す通りである。

【0026】

図2において、X軸、Y軸及びZ軸は、ワイヤーハーネス上の各節点（又はノードともよぶ）における右手ローカル座標系での直行する3軸に相当する。例えば、Z軸をクリップ軸と一致するようにしているが、これらの決定方法は、使用する関数によって適宜変更可能である。なお、図中、参考のために、分岐点の拘束自由度についても示している。また、ここでは図示しないが、上記拘束点以外に任意に設定されたワイヤーハーネス上の節点は、基本的に、完全自由である。このような拘束自由度が、後述するように、予測経路や反力等の計算に先立ち、各節点にそれぞれ、設定される。

【0027】

次に、図3～図5を参照しながら、本発明において前提となる仮定条件、利用される理論及び基本式の概略について説明する。図3（A）は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図3（B）は、図3（A）のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図3（C）は、図3（A）のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。図4は、梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。図5（A）は、ワイヤーハーネスを3つの梁要素で表した図であり、図5（B）は、図5（A）の3つの梁要素を結合した状態を示す図である。

【0028】

まず、本発明では、ワイヤーハーネスの設計に有限要素法を利用するに際し、以下の様な仮定をする。

- (1) . ワイヤーハーネスを弾性体と仮定する。
- (2) . ワイヤーハーネスを梁要素が結合されたものと仮定する。
- (3) . 各梁要素に線形性が保たれるものと仮定する。
- (4) . ワイヤーハーネスの断面を円形であると仮定する。

本発明において、このような仮定をすることにより、従来なされていなかった、ワイヤーハーネスへの有限要素法の適用が可能になる。

【0029】

本発明においては、まず、ワイヤーハーネスを離散化する。すなわち、図3（A）に示すように、複数の電線11がテープ12等の外装部材によって束ねられたワイヤーハーネス1は連続体とみなすことができる。次に、図3（B）に示すように、このようなワイヤーハーネス1を、いくつかの梁要素C1、C2、C3、…に分割（離散化）する。すなわち、ワイヤーハーネスは1本のロープのようなものなので、有限個の梁要素をつなげたものとみなすことができる。

【0030】

したがって、図3（C）に示すように、ワイヤーハーネスは、複数の梁要素C1、C2、C3、…を複数のノードN1、N2、N3、…で結合したものと表すことができる。梁要素に必要な特性値は以下の通りである。

長さl（図3（B）参照）

断面積 A (図 3 (B) 参照)

断面 2 次モーメント I

断面 2 次極モーメント J

密度 ρ

縦弾性係数 E

横弾性係数 G

なお、後述するが、本明細書中、長さ l 及び断面積 A を形状特性とし、断面 2 次モーメント I 、断面 2 次極モーメント J 、密度 ρ 、縦弾性係数 E 及び横弾性係数 G を材料特性としている。

【0031】

そして、図 4 に示すように、各梁要素 C ($C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、...) はそれぞれ、2 つの節点 α 及び節点 β を有する。3 次元空間においては、節点 α は、3 つの並進成分と 3 つの回転成分を持つため、合計 6 つの自由度を持つ。また、節点 β も同様である。したがって、梁要素 C は 12 自由度を持つことになる。

【0032】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の力

F_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の力

F_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の力

M_{xi} : i 番要素の x i 軸周りのモーメント

M_{yi} : i 番要素の y i 軸周りのモーメント

M_{zi} : i 番要素の z i 軸周りのモーメント

U_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の変位

U_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の変位

U_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の変位

θ_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の角変位

θ_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の角変位

θ_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の角変位

α は左側の節点、 β は右側の節点

を示す。

【0033】

ところで、振動していない静的な力による構造物の変位は、弾性範囲内では、以下の式 (1) に示すフックの法則が成り立つことが知られている。

$$Kx = F \cdots (1)$$

ここで、 K : ばね定数、 x : 変位、 F : 力

を示す。

【0034】

また、図 4 で示した梁要素 C にも同様にフックの法則が成り立つことが知られている。但し、梁要素 C は、上記のように 12 自由度をもつため、以下の式 (2) で示すように、12 行 12 列のマトリクスと 12 行のベクトルとで、力と変位との関係を表現することができる。

【0035】

【数 1】

$$\begin{Bmatrix} F_{xi\alpha} \\ F_{yi\alpha} \\ F_{zi\alpha} \\ M_{xi\alpha} \\ M_{yi\alpha} \\ M_{zi\alpha} \end{Bmatrix} \dots (2) = \begin{Bmatrix} U_{xi\alpha} \\ U_{yi\alpha} \\ U_{zi\alpha} \\ \theta_{xi\alpha} \\ \theta_{yi\alpha} \\ \theta_{zi\alpha} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} U_{xi\beta} \\ U_{yi\beta} \\ U_{zi\beta} \\ \theta_{xi\beta} \\ \theta_{yi\beta} \\ \theta_{zi\beta} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

【0036】

ここで、適合条件と釣り合い条件について説明する。ここでは、簡単のために、図5（A）に示すように、ワイヤーハーネスを3つの梁要素C1、C2、C3で表すものとする。この場合、梁要素C1の節点1 β 及び梁要素C2の節点2 α の変位は等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。同様に、梁要素C2の節点2 β 及び梁要素C3の節点3 α の変位も等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。したがって、これら変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素C1及びC2、梁要素C2及びC3を、図5（B）に示すように、結合することができる。

【0037】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の力

【0040】

ここで、式(3)中の12行12列のマトリクスM1、M2及びM3は、上記式(2)で示したものと同様である。但し、マトリクスM1、M2及びM3が重なっている部分M12及びM23は、各マトリクスの各構成要素が足し合わされたものとなる。

【0041】

なお、4つ以上の梁要素についても、同様に扱うことができる。このようにして、任意の数の梁要素に分割されるワイヤーハーネスの数式モデルを作成することができる。

【0042】

ちなみに、上記式(3)を簡単に表すと、

$$[K] \{x\} = \{F\} \cdots (4)$$

となる。

【0043】

したがって、上記(3)や式(4)に基づき、未知数である変位ベクトル $\{x\}$ の各要素を求めることにより、予測形状を計算することが可能である。式(3)や式(4)の解を求める際には、周知の弧長法や陽解法が利用可能である。なお、上記のような一般的なマトリクス有限要素法は、例えば、上記非特許文献1中でも紹介されている。

【0044】

次に、本発明における形状予測に必要な縦弾性係数及び横弾性係数の求め方の一例について以下に示す。図6(A)は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図6(B)は、断面2次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。図7は、特性テーブルの一例を示す図である。

【0045】

縦弾性係数Eは、図6(A)に示す測定方法を行う場合、次式(5)で表すことができる。

$$E = FL^3 / 3XI \cdots (5)$$

また、断面2次モーメントIは、上記のようにワイヤーハーネスを円形断面と仮定したので、次式(6)で表すことができる。

$$I = \pi D^4 / 64 \cdots (6)$$

したがって、

$$E = 64FL^3 / 3X\pi D^4 \cdots (7)$$

となる。

この測定では、

$$E = (F/X) \times (64L^3 / 3\pi D^4)$$

として、Fとxとの関係を測定することにより、縦弾性係数Eを求めることができる。

【0046】

ところで、本発明では、縦弾性係数Eは、外装部材の種類及び太さ毎に求める。すなわち、図7に示すように、外装無し、テープ巻き1、テープ巻き2、…、等の外装種類に対してそれぞれ、W/H径1-5、W/H径6-10、W/H径11-15、…、等の外装部材の太さ毎に、上記のようにして縦弾性係数Eを求めるようにする。図7において、10、12、…、等の値は、所定の外装種類とW/H径とに対応するワイヤーハーネスの縦弾性係数Eの値である。

【0047】

図7において、外装無しとは、インシュロックやテープ等の外装部材なしのワイヤーハーネスを示す。また、テープ巻き1とは、例えば、所定種類のテープが荒巻きされたワイヤーハーネスを示し、テープ巻き2とは、例えば、所定種類のテープがハーフラップされたワイヤーハーネスを示す。この他にも、図7では示されていないが、2重ハーフラップ、すし巻き等のような巻き方の種類、テープの種類、巻厚等の組み合わせにより、種々の外装種類が想定される。

【0048】

また、図7において、W/H径1-5、W/H径6-10、W/H径11-15とは、

それぞれのワイヤーハーネスの太さをミリメートル単位で表したものである。このように、現実的にあり得る外装種類とW/H径との組み合わせの全てに対してそれぞれ、上記のようにして縦弾性係数Eを求めてデータベース化しておく。

【0049】

一方、横弾性係数Gは、図6(B)に示す測定方法を行う場合、次式(8)で表すことができる。

$$G = (TL / \theta J) \times 2 \cdots (8)$$

断面2次極モーメントJは、ワイヤーハーネスが円形断面と仮定したので、次式(9)で表すことができる。

$$J = \pi D^4 / 32 \cdots (9)$$

また、ねじる力は、

$$T = FS \cdots (10)$$

となる。

よって、

$$G = (32 FSL / \theta \pi D^4) \times 2 = (F / \theta) (32 SL / \pi D^4) \times 2 \cdots (11)$$

したがって、Fとθの関係測定することにより、横弾性係数Gを求めることができる。

【0050】

横弾性係数Gも、縦弾性係数Eと同様に、外装部材の種類及び太さ毎に各値を求めることが可能である。この場合、図7における各値は、所定の外装種類とW/H径とに対応するワイヤーハーネスの横弾性係数Gとなる。そして、現実的にあり得る外装種類とW/H径との組み合わせの全てに対してそれぞれ、上記のようにして横弾性係数Gを求めてデータベース化しておく。

【0051】

但し、横弾性係数Gと縦弾性係数Eとは、次式(12)のような関係がある。

$$G = E / 2 (1 + \mu) \cdots (12)$$

ここで、μ：ポアソン比

を示す。

【0052】

したがって、適当なポアソン比μを与えることにより、縦弾性係数Eと式(12)とから、横弾性係数Gを導出することも可能である。逆に、横弾性係数Gから縦弾性係数Eを導出することも可能である。なお、上記測定方法は一例であり、上記測定例以外の方法によって、横弾性係数G及び縦弾性係数E各値を取得するようにしてもよい。

【0053】

次に、上記理論、基本式及び測定値を利用して後述する処理手順にしたがってワイヤーハーネスの予測形状を計算及び出力する、本発明に係るハードウェア構成について説明する。図8は、本発明に係るハードウェア構成を示すブロック構成図である。

【0054】

図8に示すように、本実施形態では、マイクロコンピュータ21、入力装置22、表示装置23、印字装置24、記憶装置25、通信インターフェース26及びリードライト装置27を含んで構成される、例えば、パーソナルコンピュータが用いられる。マイクロコンピュータ21は、CPU21a(中央演算装置)、ブートプログラム等を記憶するROM21b、各種処理結果を一時的に記憶するRAM21cを含む。入力装置22は上記各値等を入力するキーボード、マウス等であり、表示装置23は処理結果を表示するLCDやCRT等であり、印字装置24は処理結果を印字するプリンタである。

【0055】

また、記憶装置25は、図7で示したような内容の特性テーブル25aやインストールされた形状予測プログラム29a、このプログラム29aによる処理結果を記憶するハードディスクドライブであり、通信インターフェース26は外部装置との間で、例えば、インターネットやLAN回線等を用いてデータ通信を行うためのモデムボード等である。リードライト装置27は、CD-ROMやDVD-ROM等の記録媒体29に格納される本

発明に係る形状予測プログラム 29 a (請求項 6 に対応する)を読み込んだり、この形状予測プログラム 29 a による計算結果を記録媒体 29 に書き込む装置である。これらの各構成要素は、内部バス 28 を介して接続されている。

【0056】

マイクロコンピュータ 21 は、リードライト装置 27 にて読み込まれた形状予測プログラム 29 a を記憶装置 25 にインストールする。また、電源が投入されると、マイクロコンピュータ 21 は、ROM 21 b に記憶されるブートプログラムにしたがって起動され、インストールされている形状予測プログラム 29 a を立ちあげる。そして、マイクロコンピュータ 21 は、形状予測プログラム 29 a にしたがって、特性テーブル 25 a を参照しつつ、本発明の形状予測に関する処理をしたり、処理結果を表示装置 23 や印字装置 24 から出力させたり、処理結果を記憶装置 25 や記録媒体 29 に保存させたりする。形状予測プログラム 29 a は、上記基本構成を有する他のパーソナルコンピュータ等にもインストール可能であり、インストール後は、そのコンピュータを形状予測装置 (請求項 5 に対応する) として機能させる。なお、形状予測プログラム 29 a は、記録媒体 29 のみならず、インターネットや LAN 等の通信回線を経由して提供されたものであってもよい。

【0057】

更に、図 9～図 11 を用いて、本実施形態に係る処理手順について説明する。図 9 は、図 8 に示したハードウェア構成を用いて行われる本発明に係る主処理手順を示すフローチャートである。図 10 は、図 9 の主処理手順における材料特性計算のサブルーチンを示すフローチャートである。図 11 (A)～図 11 (D) はそれぞれ、図 9 の各処理過程においてワイヤーハーネスが変形する状態を例示する図である。

【0058】

まず、図 9 に示すステップ S1 においては、手動操作に応じて任意の形状のワイヤーハーネスが描画される。このステップ S1 は、周知の CAD を用いた設計及び描画方法と同様である。すなわち、図 11 (A) の 1 a に示すような、表示装置 23 上の真っ直ぐな状態のワイヤーハーネスの形状に対して、入力装置 22 としてのマウス等が用いられて、例えば、m1 で示すようにその端部が 1 a 5 から 1 b 5 に変位される。そして、同図の 1 b に示すような、所望の長さ及び太さのワイヤーハーネスの形状が、車両内の所定の 3 次元空間に配策されることを前提として描画される (実際には、例えば、図 3 (A) のようなイメージで)。この際、上記図 7 を用いて説明した外装種類も判別できるように描画される (実際には、例えば、図 3 (A) のようなイメージで)。また、クリップ等の支持部材も描画される。なお、ここでは、簡単のために、1 a 1 で示す端部のみが完全拘束され、1 a 5 で示す端部が変位可能であるものとする。他の部位は、完全自由であるとする。

【0059】

なお、図 11 (A) で 1 a 1～1 a 5 で示される部位は、このワイヤーハーネスが複数の梁要素が結合されたものとして表されて、モデル化された際に割り当てられる代表的な節点に対応する部位である。これら 1 a 1～1 a 5 で示される各部位にそれぞれ対応する部位は、図 11 (A)～図 11 (E) において、1 b 1～1 b 5、1 c 1～1 c 5、1 d 1～1 d 5、1 e 1～1 e 5 で表される。なお、ステップ S1 は、請求項の描画工程及び描画手段に対応する。

【0060】

続いて、ステップ S2 においては、ステップ S1 にて描画されているワイヤーハーネスの形状 1 b から形状特性が抽出される。詳しくは、この形状 1 b から外装部材の種類、ワイヤーハーネスの太さ及びその長さ等が抽出される。そして、これらは、この後で行われる処理のために、一旦、RAM 21 c のワークエリアに記憶される。ステップ S2 は、請求項の形状特性抽出工程及び形状特性抽出手段に対応する。

【0061】

続いて、ステップ S3 においては、ステップ S1 にて描画されたワイヤーハーネスの形状 1 b から材料特性が計算される。材料特性とは、ここでは、剛性マトリクス [K] の各要素に含まれる、断面積 A、断面 2 次モーメント I、断面 2 次極モーメント J、縦弾性係

数E及び横弾性係数Gである。ステップS3は、請求項の材料特性計算工程及び材料特性計算手段に対応する。

【0062】

詳しくは、ステップS3の材料特性の計算では、図10に示すように、ステップS31において、まず、断面積Aが計算される。この断面積Aは、上記ステップS2で抽出されたワイヤーハーネスの太さから計算可能である。

【0063】

次に、ステップS32において、断面2次モーメントIが計算される。この断面2次モーメントIは、ステップS31で計算された断面積A及び上記式(6)にしたがって計算可能である。次に、ステップS33において、断面2次極モーメントJが計算される。この断面2次極モーメントJは、ステップS31で計算された断面積A及び上記式(9)にしたがって計算可能である。

【0064】

次に、ステップS34において、記憶装置25に予め格納される上記特性テーブル25aが参照されて、縦弾性係数Eが取得される。すなわち、特性テーブル25aを参照することにより、上記ステップS2で抽出された外装部材の種類及びワイヤーハーネスの太さに応じた縦弾性係数Eが、容易かつ確実に取得可能となる。

【0065】

そして、ステップS35においても、上記特性テーブル25aが参照されて、横弾性係数Gが取得される。すなわち、上記ステップS2で抽出された外装部材の種類及びワイヤーハーネスの太さに応じた縦弾性係数Eが取得可能である。勿論、上述したように、式(12)を利用して、縦弾性係数Eから導出するようにしてもよい。

【0066】

このような材料特性の計算が終了すると、続いて、ステップS4において、拘束条件の抽出が行われる。拘束条件は、割り当てられる各節点における、図2で示したような拘束種類(完全拘束、回転拘束、完全自由等)や、特に重要となるのは、完全拘束される端部1b1の座標、m1による変位先の端部1b5である。なお、ここで設定される各値は、上記式(3)中の変位ベクトル{x}中の各要素に係わる。ステップS4は、請求項の拘束条件抽出工程及び拘束条件抽出手段に対応する。

【0067】

続いて、ステップS5において、有限要素法を用いて予測形状が計算される。すなわち、図11(A)に示したワイヤーハーネスの形状1bは、単に、CADを用いて描画されたものであるため、必ずしも、上記形状特性、材料特性及び拘束条件を満足するように、物理的に釣り合った状態であるとは限らないので、有限要素法を用いて、図11(B)の1cに示すような、釣り合った状態である予測形状が計算される。ステップS5は、請求項の予測形状計算工程及び予測形状計算手段に対応する。

【0068】

有限要素法を用いた計算では、上記式(3)のように、ワイヤーハーネスが複数の梁要素が結合されたものとしてモデル化され、このモデルに上記形状特性、材料特性及び拘束条件が適用されて、このモデル中の未知数が計算される。すなわち、変位ベクトル{x}中の未知数が計算されると、1cに示すような釣り合った状態のワイヤーハーネスの予測形状が得られる。

【0069】

但し、上記形状特性、材料特性及び拘束条件を満足するような解が得られない場合もあり得る。すなわち、1cに示すような、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能な場合もあり得る。このような場合を想定して、ステップS6においては、予測形状計算の成功/不成功の判定が行われる。

【0070】

ステップS6において、予測形状計算が成功したと判定されると(ステップS6のY)、ステップS7に進んで、例えば、描画中の1bで示す形状に替えて、1cで示す予測形

状が描画される。すなわち、入力装置 22 にてワイヤーハーネスの端部を変位させると、有限要素法にて物理的に釣り合った形状が自動計算されてこれが再描画される。つまり、CAD による周知の操作による形状設計に追従してそのバックグラウンドで、物理的に釣り合った形状が自動計算され描画される。

【0071】

一方、ステップ S6 において、予測形状計算が不成功であると判定されると（ステップ S6 の N）、ステップ S8 に進んで、その旨の警告が出力される。この警告は、表示装置 23 上に文字表示するようにしてもよいし、鳴音装置（不図示）にて警報音を発するようにしてもよい。なお、この場合には、1b で示す描画中のワイヤーハーネスの形状は、表示装置 23 上に表示されたままとする。このように、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨が警告されるので、より短時間での適確な経路設計が可能になる。ステップ S8 は、請求項の警告出力工程及び警告出力手段に対応する。

【0072】

続いて、ステップ S9 において、手動操作に応じた形状変更の有無が判定される。例えば、1c で示す予測形状の上に電装品等の障害物が存在するために、入力装置 22 が操作されて、図 11 (C) の m2 で示すように端部が 1c5 から 1d5 に変位されたものとする。そうすると、ステップ S4 に戻って（ステップ S9 の Y）、新たな拘束条件が抽出される。すなわち、端部 1c5 の座標が端部 1d5 の座標に更新される。そして、ステップ S5 に進んで、再度有限要素法を用いた計算が行われ、図 11 (D) の 1e に示すような、新たな拘束条件を満足する形状が計算される。

【0073】

そして、図 11 (E) に示すように、表示装置 23 上には、1d に示す形状に替えて、1e に示すワイヤーハーネスの形状が描画される。勿論、何らかの理由により、再々度、手動操作に応じた形状変更があれば、上記ステップ S4 ～ステップ S8 の処理が繰り返される。そして、手動操作に応じた形状変更が無しと判定されると（ステップ S9 の N）、一連の処理が終了する。終了時には、予測形状 1e を記憶装置 25 としてのハードディスク等に保存するようにしてもよいし、印字装置 24 から紙上印字させるようにしてもよい。

【0074】

なお、上記実施形態では、端部以外の節点は、完全自由としたが、重力の影響を考慮して予測形状を計算するようにしてもよい。重力の影響は、上記式 (3) 中の力ベクトル $\{F\}$ 中の各要素に係わる。

【0075】

このように、本発明の実施形態によれば、ワイヤーハーネスを、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化しているので計算量が大幅に削減され、短時間での確実な形状予測が可能になる。また、有限要素法の計算に必要なデータが、手動操作に応じて描画されたワイヤーハーネスから自動計算されるので、予測形状計算のための数値入力が必要となる。したがって、特殊な技術習得や熟練も不要となる。

【0076】

なお、本発明の方法及び装置は、車両内に配線されるワイヤーハーネスに限定されず、屋内に配線されるワイヤーハーネスにも、同様に適用可能である。また、幹線から分岐する複数の枝線を有するワイヤーハーネスにも同様に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図 1】 本発明で対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。

【図 2】 ワイヤーハーネスに取り付けられる代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。

【図 3】 図 3 (A) は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図 3 (B) は、図

3 (A) のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図 3 (C) は、図 3 (A) のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。

【図 4】 梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。

【図 5】 図 5 (A) は、ワイヤーハーネスを 3 つの梁要素で表した図であり、図 5 (B) は、図 5 (A) の 3 つの梁要素を結合した状態を示す図である。

【図 6】 図 6 (A) は、断面 2 次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図 6 (B) は、断面 2 次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。

【図 7】 特性テーブルの一例を示す図である。

【図 8】 本発明に係るハードウェア構成の一例を示すブロック構成図である。

【図 9】 本発明に係る主処理手順を示すフローチャートである。

【図 10】 図 9 の主処理手順における材料特性計算のサブルーチンを示すフローチャートである。

【図 11】 図 11 (A) ~ 図 11 (D) はそれぞれ、図 9 の各処理過程においてワイヤーハーネスが変形する状態を例示する図である。

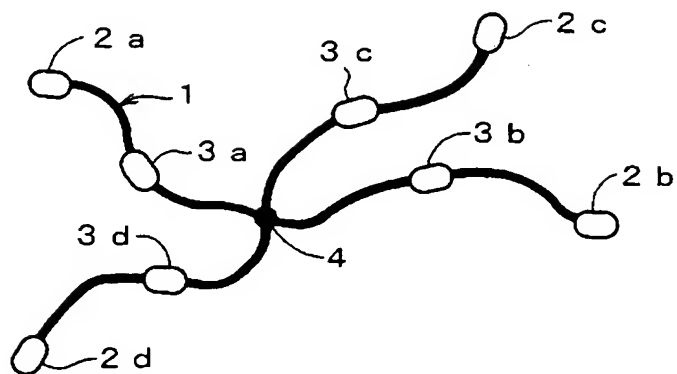
【符号の説明】

【0078】

- 1 ワイヤーハーネス (ワイヤー様構造物)
- 2 a、2 b、2 c、2 d コネクタ
- 3 a、3 b、3 c、3 d クリップ
- 4 分岐点
- 21 マイクロコンピュータ
- 22 入力装置
- 23 表示装置
- 24 印字装置
- 25 記憶装置
- 26 通信インターフェース
- 27 リードライト装置
- 28 内部バス
- C1 ~ C7 梁要素
- N1 ~ N8 節点 (ノード)

【書類名】図面

【図 1】

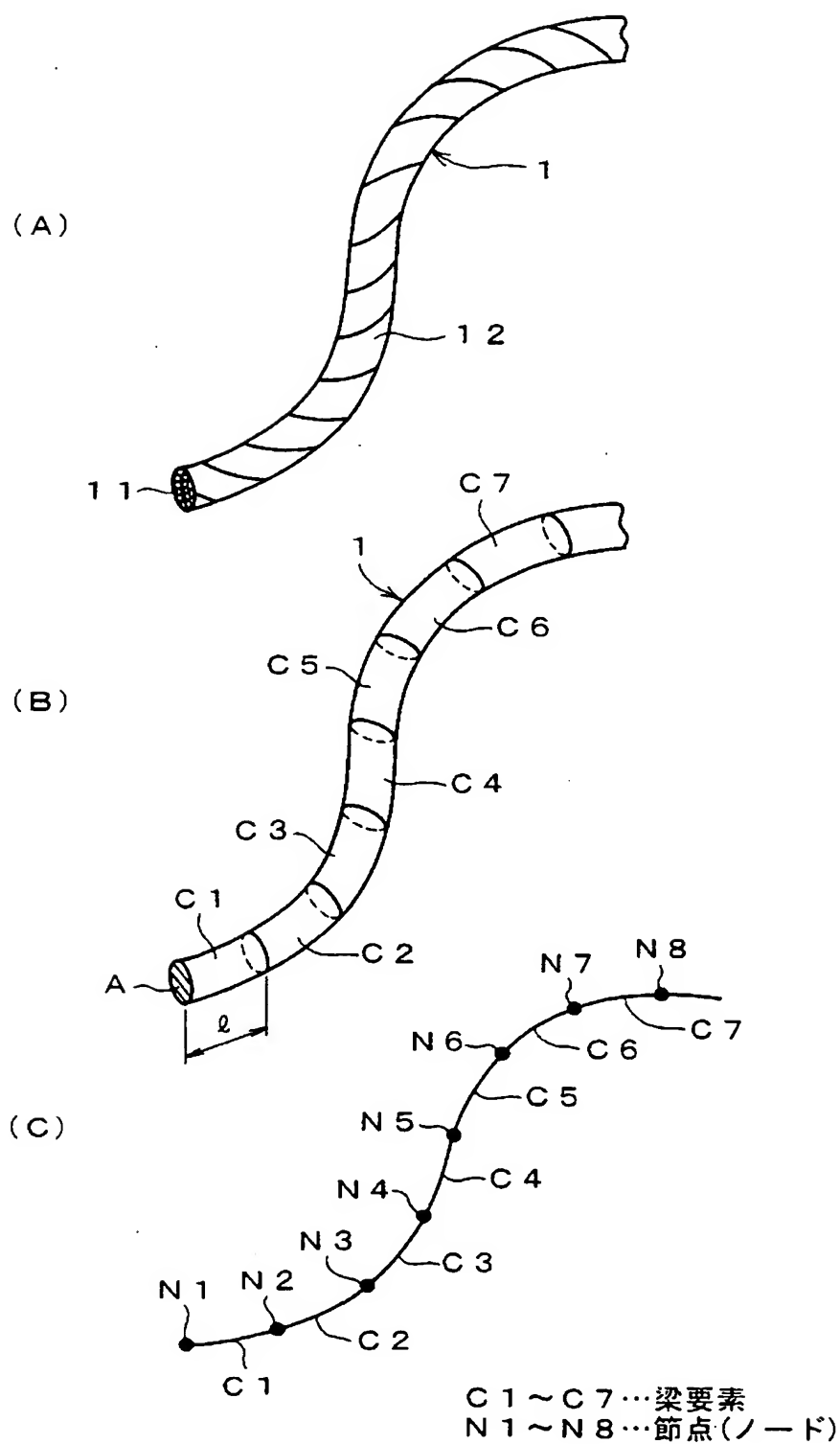


- 1 …ワイヤーハーネス
2 a、2 b、2 c、2 d…コネクタ
3 a、3 b、3 c、3 d…クリップ
4 …分岐点

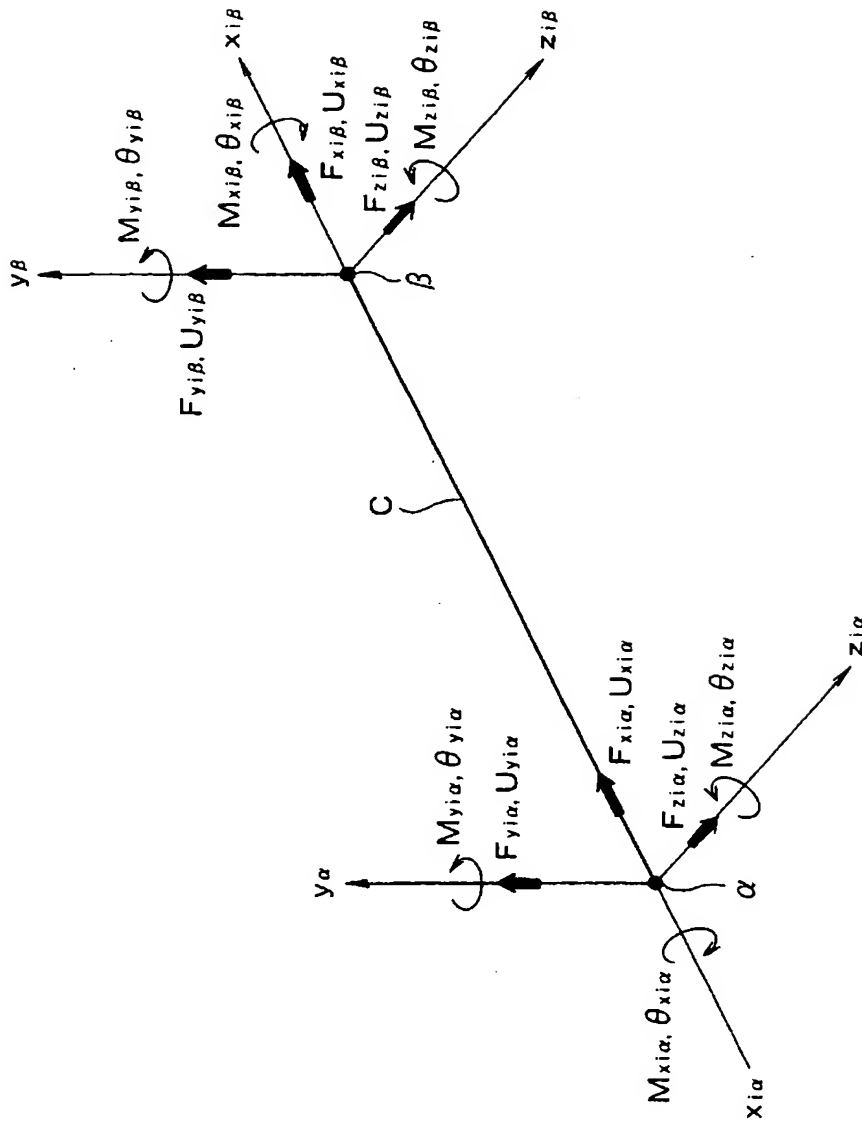
【図 2】

	支持部材	拘束自由度	X 軸方向 並進	Y 軸方向 並進	Z 軸方向 並進	X 軸廻り 回転	Y 軸廻り 回転	Z 軸廻り 回転
完全拘束		コネクタ	不可	不可	不可	不可	不可	不可
完全拘束		長穴クリップ	不可	不可	不可	不可	不可	不可
回転拘束		丸穴クリップ	不可	不可	不可	不可	不可	可
回転拘束		コルゲート長穴クリップ	不可	不可	不可	可	不可	不可
回転拘束		コルゲート丸穴クリップ	不可	不可	不可	可	不可	可
完全自由		分岐点	可	可	可	可	可	可

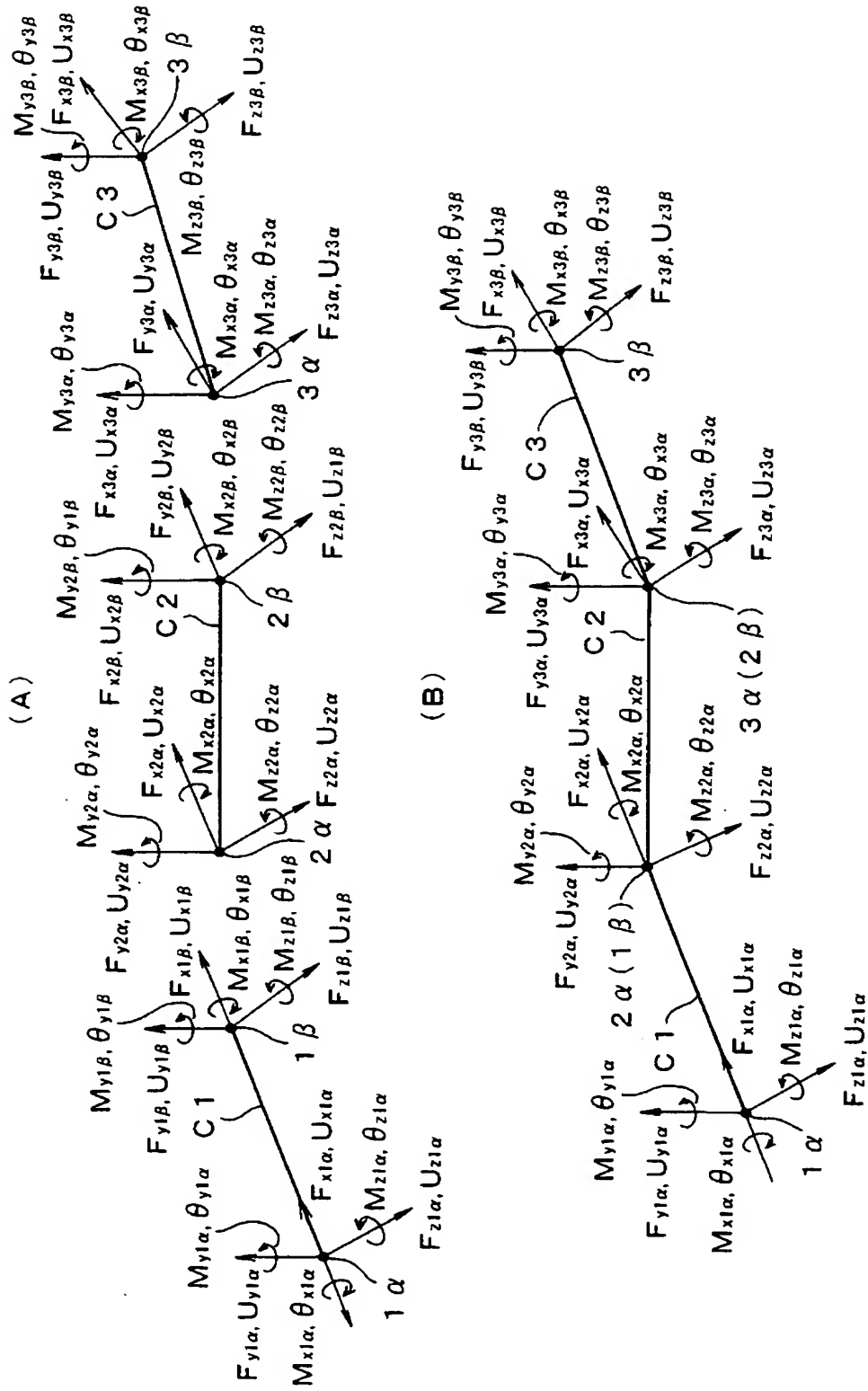
【図 3】



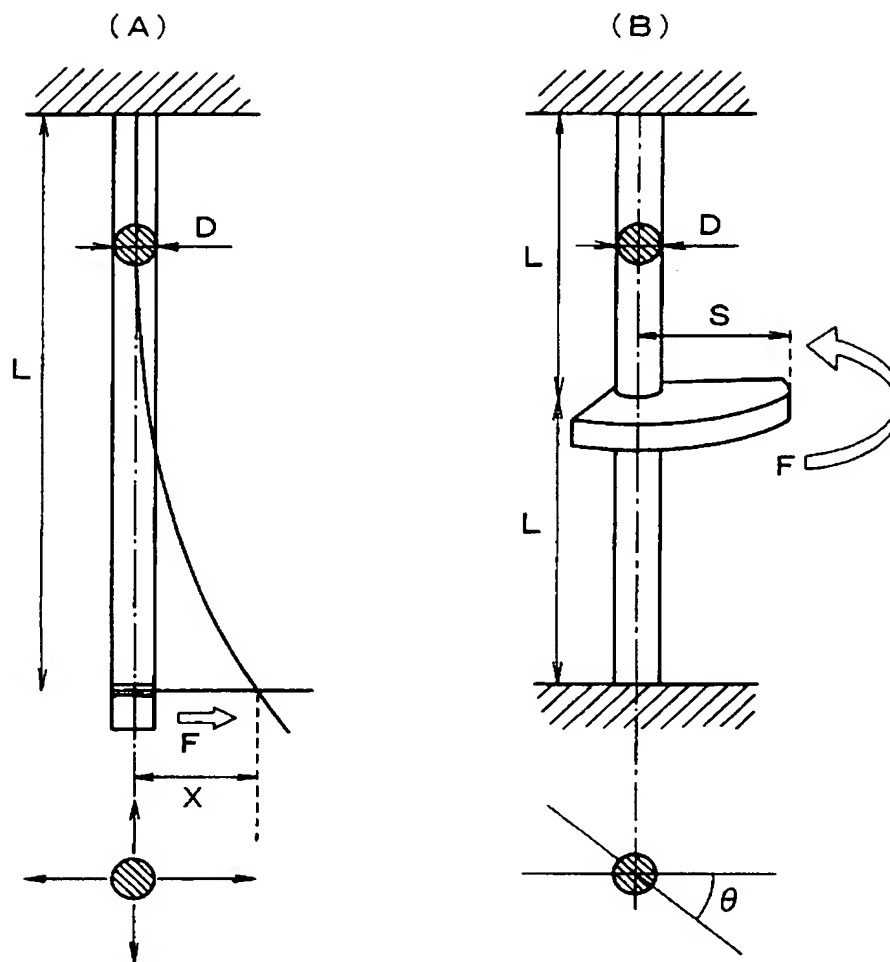
【図 4】



【図 5】



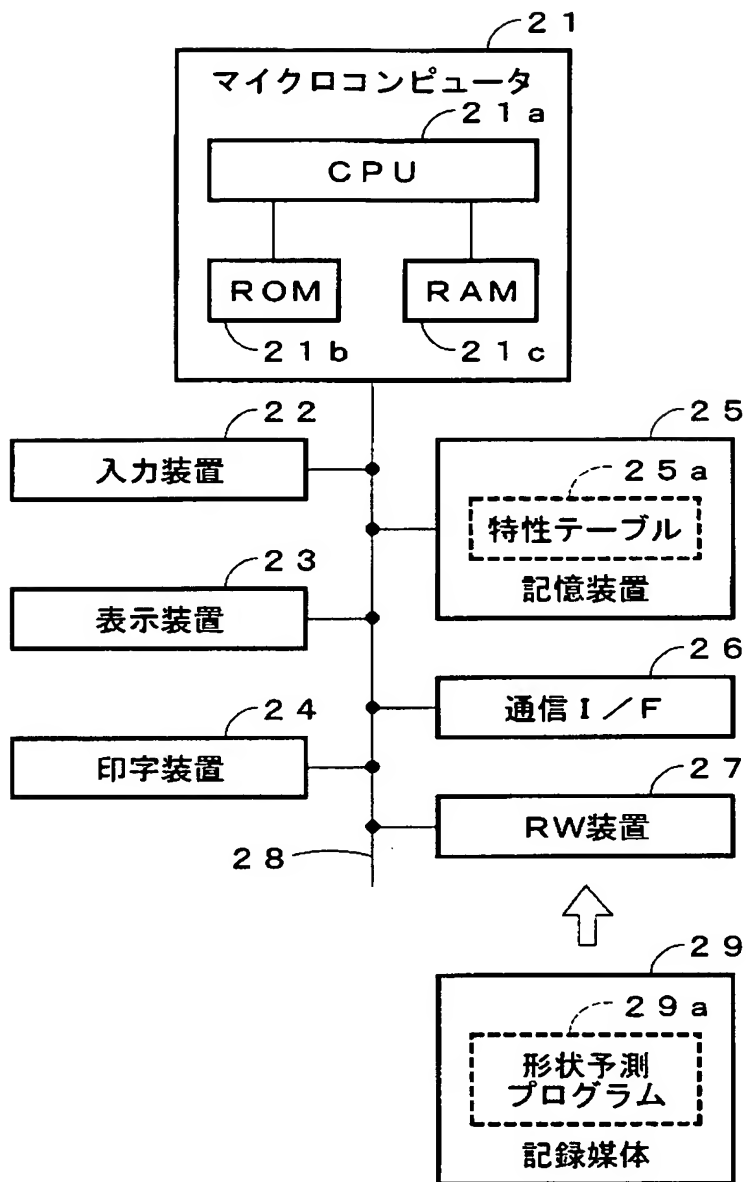
【図 6】



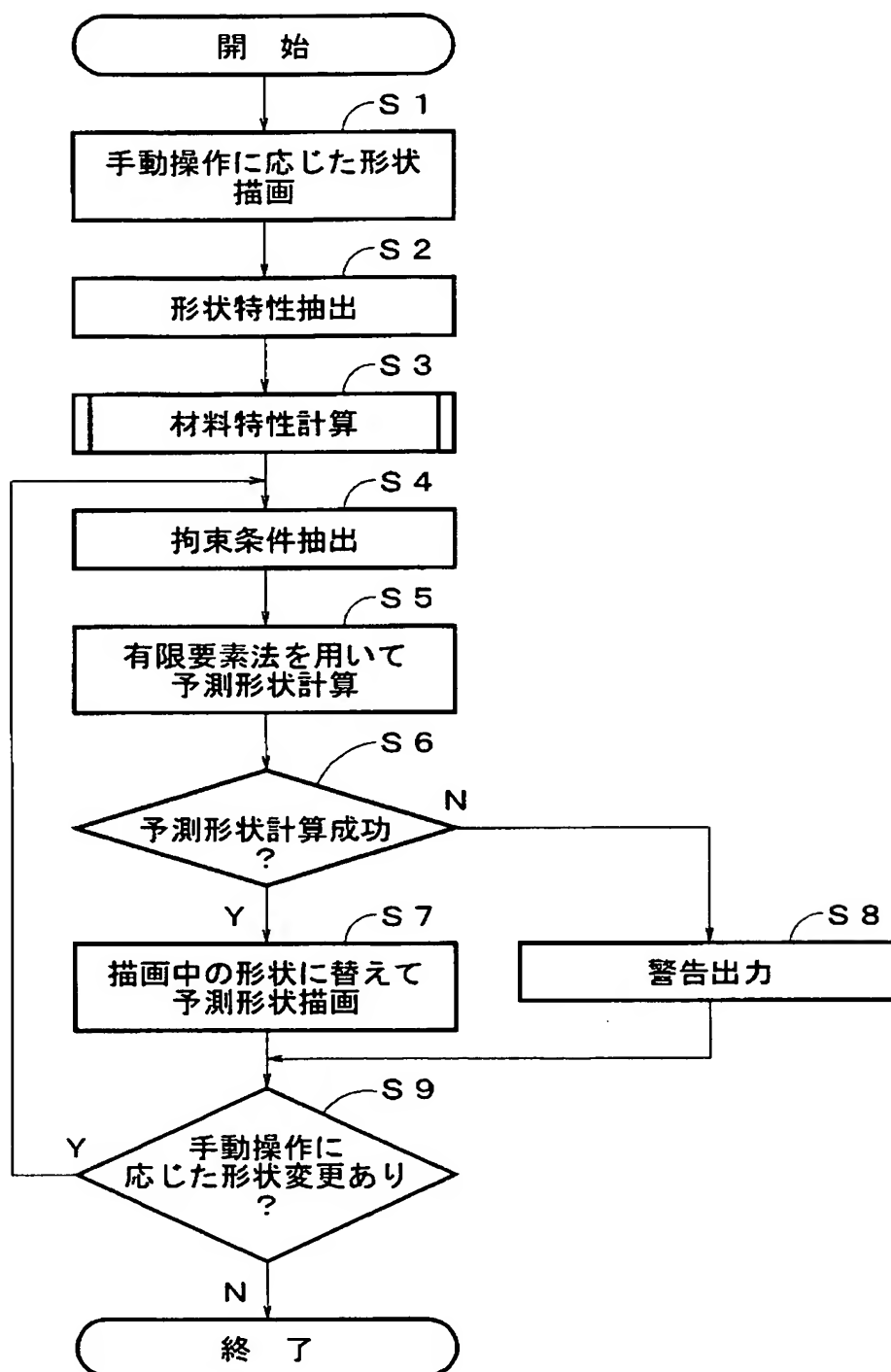
【図 7】

外装種類	W/H径1-5	W/H径6-10	W/H径11-15	...
無し	10	12	14	...
テープ巻き 1	20
テープ巻き 2	30
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・

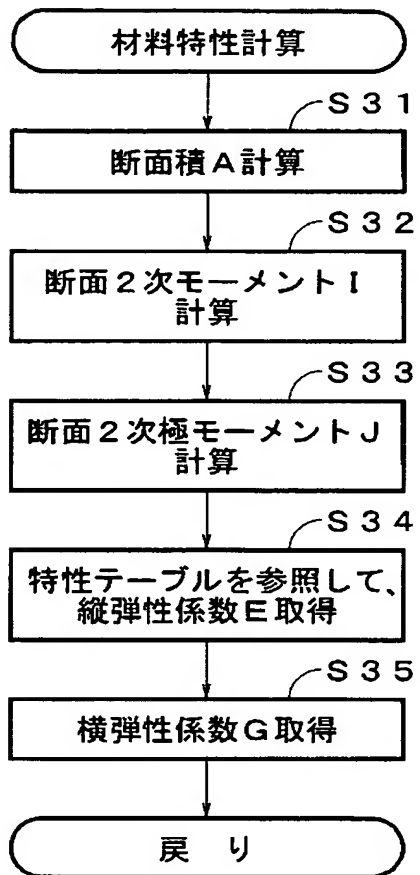
【図 8】



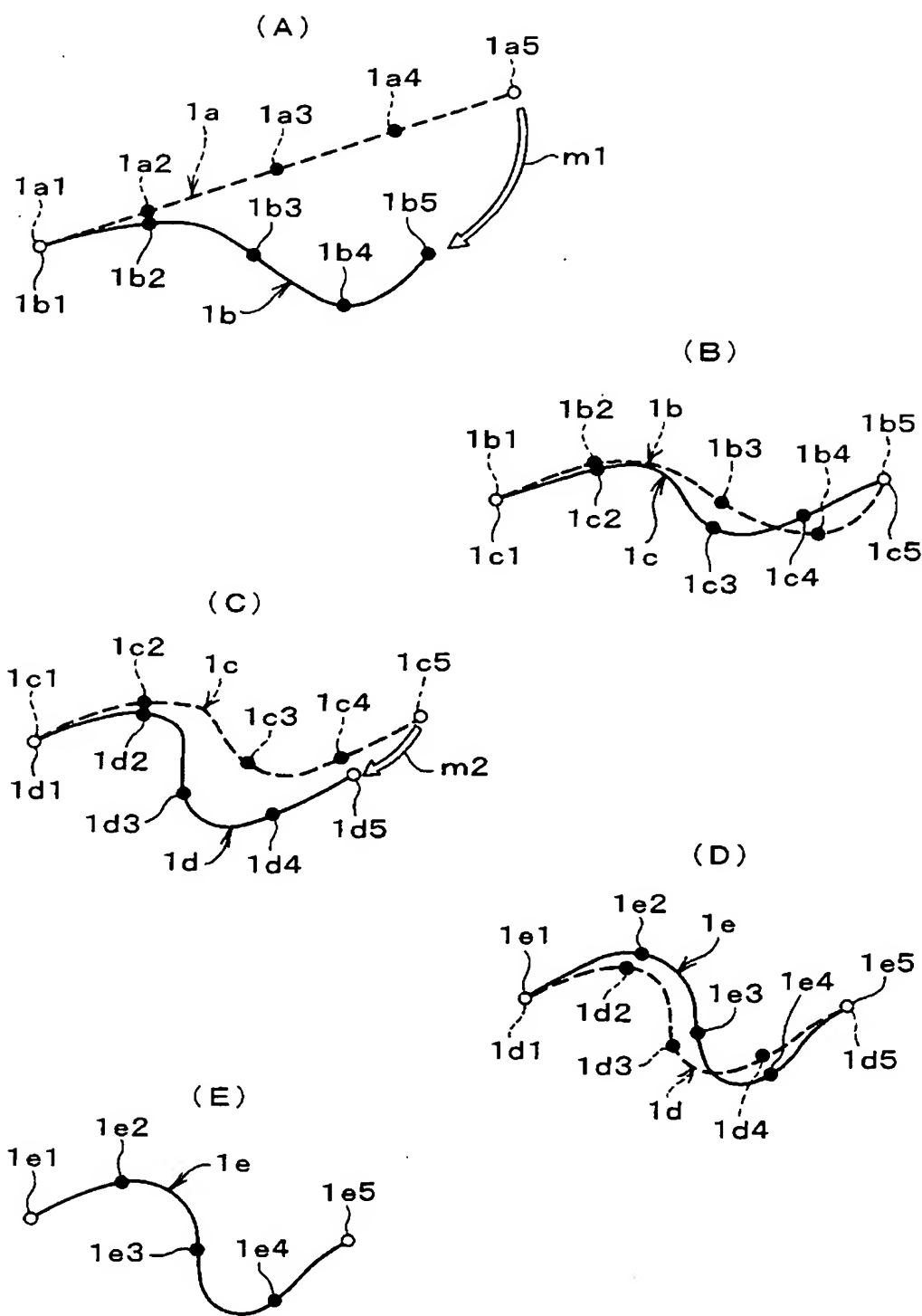
【図 9】



【図 10】



【図11】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 特殊な技術習得や熟練を不要としながらも短時間で確実に所望の形状予測を可能にする、ワイヤーハーネスの形状予測方法、その装置及びそのプログラムを提供する。

【解決手段】 所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤーハーネスを、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤーハーネスの形状が予測される。また、入力装置 22 にてワイヤーハーネスの端部 1a5 を変位させると、有限要素法にて物理的に釣り合った形状 1c が自動計算されてこれが再描画される。つまり、CAD による周知の操作による形状設計に従ってそのバックグラウンドで、物理的に釣り合った形状 1c が自動計算され描画される。

【選択図】 図 11

特願 2 0 0 3 - 3 0 8 5 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 8 9 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区三田 1 丁目 4 番 2 8 号

氏 名

矢崎総業株式会社